



Hvordan bliver vi klogere?

Sand-Jensen, K.

Published in:
Vand og Jord

Publication date:
2006

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Sand-Jensen, K. (2006). Hvordan bliver vi klogere? *Vand og Jord*, 13(2), 60-63.

Hvordan bliver vi klogere?

Der findes ikke en enkelt opskrift på, hvordan vi bliver fagligt klogere. Men der findes gennemprøvede metoder og åbne samarbejdsformer, der tidligere har givet succes. Både ved forskning og faglig udredning om økosystemer eksisterer dilemmaet mellem det enkle og gennemskuelige, som følger klassisk videnskabsteori og det komplicerede og svært gennemskuelige, der kræver overvejelser om, hvordan man udfører kvalificeret videnskab i modelverdenen.

KAJ SAND-JENSEN

For år tilbage blev jeg opsøgt af en dygtig studerende, som sonderede mulighederne for at påbegynde et speciale. Efter kort tids samtale spurgte jeg, om han havde lyst til at blive berømt. Da han svarede bekræftende, foreslog jeg ham at løse et klassisk ferskvandsbiologisk spørgsmål: Foregår der vandtransport hos undervandsplanter fra rødder til blade? Drivkraften kan jo ikke være fordampning fra bladene, som man kender det hos landplanter.

Hans eksperimenter påviste, at der faktisk foregår vandtransport gennem vandplanter. Den drives af et osmotisk overtryk i rødderne, hvorved næringssalte samtidig overflyttes fra sedimentet, via rødderne til bladene /1/.

Da jeg senere kom til at stille et lignende spørgsmål til studerende i en tilsvarende situation, så de forfærdede på mig og kunne ikke hurtigt nok komme ud af døren. De skulle i hvert fald ikke stikke næsen frem og studere noget, man ikke kendte til i forvejen.

Uden ambitioner – glem det

Jeg nævner det for at understrege, at er man ikke nysgerrig og har man ikke ambitioner om at nå noget, ingen andre hidtil har kunnet nå, skal man ikke blive forsker. For bortset fra forskningsfriheden er det et besværligt og dårligt lønnet arbejde, der ikke mere er forbundet med tilstrækkelig prestige og sikkerhed i ansættelsen til, at aktiviteten kan drives uden en god portion ærgerrighed og lysten til at ville vide mere.

Denne fremstilling er dog ikke nødvendigvis helt dækkende for nutidens forskerteams. Mens forskningen tidligere udøvedes single eller i double med den personlige nysgerrighed og ambition som drivkraft, kan man i større teams godt pleje en "håndværksmæssig" karriere ved at være god til bestemte målinger og dataanalyser uden nødvendigvis at brænde voldsomt for ideen. I teams er det faktisk nødvendigt at kunne styre sine egoistiske interesser for at fremme det fælles produkt. Incitamentet kan godt ligge i det sociale og den fælles kreative proces.

Men ideerne og ambitionen må nødvendigvis være til stede i teamet, så man holder fast, selv når det bliver besværligt.

Teamets lyksaligheder og farer

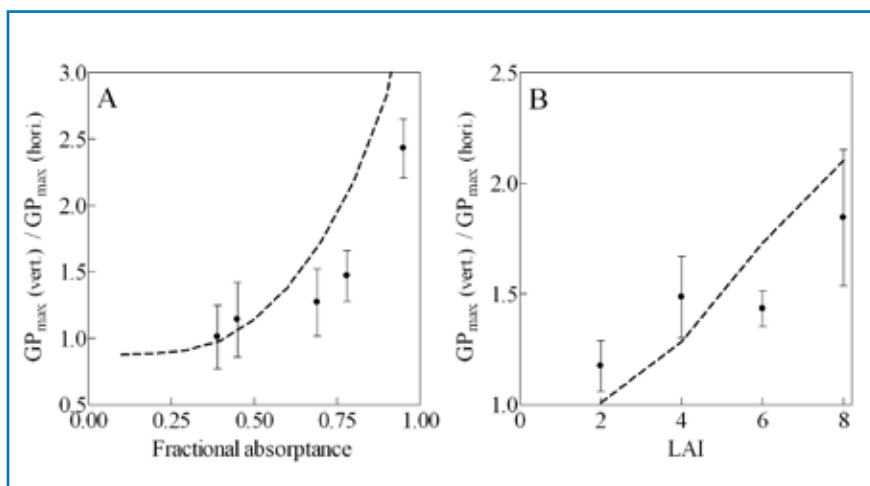
Mikrobiologen Farooq Azam fra Californien beskrev engang sin arbejdsdag således: "Gruppen starter dagen ved under formiddagskaffen at tale om videnskab. Det er underholdende, spændende og ofte kommer der en god ide på bordet. Holder ideen for yderligere diskussion løber man opstemte ind i laboratoriet for at udføre eksperimenter. Sædvanligvis viser det sig i dagens løb, at ideen ikke holder vand, men man har alligevel haft en god dag og glæder sig til den næste. Til tider bærer ideerne jo igennem og kan holde os beskæftigede i flere dage i træk".

Man kan misunde mikrobiologerne, at de hurtigt kan teste ideernes bærekraft. Og man skal ikke undervurdere betydningen af et godt socialt og humoristisk miljø for at nå et udbytterigt resultat. Når der nu er mange gentagelser og fejlslagne eksperimenter undervejs, så trækker det ikke fra, at det foregår i en humoristisk atmosfære med gensidige opmuntringer.

Teamworks anden store force er at fungere som forum for ideers bærekraft og originalitet. Det er forbløffende, hvad man kan opnå i åben diskussion, hvor nogen driver spørgsmål og forudsigelser frem, mens andre spiller "djævelens advokat" ved at spørge, om fænomenerne er reelle, kan være drevet af ukendte eller oversete faktorer og om spørgsmålene overhovedet er nye og vigtige.

Dialektikken – modsigelsen i videnskaben

Figur 1. En simpel matematisk model opstillet ved at kombinere teori for lys og fotosyntese viser god overensstemmelse mellem modellens forudsigelser (kurven) af effekter på fotosyntesen og direkte målinger af fotosyntesen i et algesamfund af søsalat ved en lodret orientering af vævet i forhold til en vandret orientering. Fordelen ved en lodret orientering af vævet (y -værdier over 1,0) ændrer sig med, hvor stor en andel af lyset, som vævet absorberer (A) og hvor tæt samfundet er (B, LAI er antal vævslag over hinanden). Efter /3/.



– er helt central, for det kan gå så grueligt galt, hvis alle på holdet automatisk tilslutter sig profetens holdning i stedet for at vurdere forskellige vinkler i analysen.

Videnskaben risikerer at gå i stå, hvis konsensus kommer til at dominere i en sådan grad, at djævelens advokat dør. Helt galt kan det gå, hvis kvalificeret modstand end ikke findes inden for fagets grænser. Et skrækkesejkel i geologien er de 50 år fra ca. 1915 til 1965, hvor ideen om pladetektonik og kontinentalforskydning, geologiens vigtigste samlede teori, blev pryglet næsten til døde af et overvældende flertal af forskere.

Rygterne går, at tilsvarende problemer kan eksistere i arbejdet med faglige udredninger i statslige styrelser mv., hvor djævelens advokat risikerer at blive "ombragt", fordi ledelsen hverken ønsker eller opmuntrer til en fordomsfri faglig dialog. Så risikerer fagpersonen at skulle lede forgæves efter sine konklusioner i det politisk tilrettede dokument, som ledelsen afleverer til offentligheden og politikerne.

Teamets anden åbenbare force er at besidde en række forskellige håndværksmæssige og analytiske ekspertiser. Efterhånden som problemstillingerne bliver mere komplekse og de analytiske muligheder større, bliver der behov for personer med forskellige specialer for at kunne løfte opgaven. Kunsten bliver så, at få alle til at bidrage og trække på samme hammel.

Forskningsstrategier – indblik og overblik

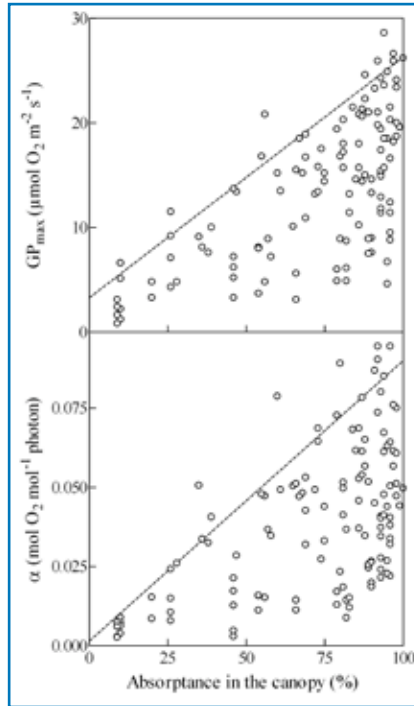
Man kan få det indtryk, at der er noget næsten magisk ved bestemte forskere og grupper, der bliver ved med at få nye gode ideer. Men i virkeligheden ligger der ofte en gennemprøvet strategi bag.

Originale bidrag kan skabes med fokus på både det specielle og det generelle. Udvikling af nye metoder, der tillader at se ind i en ny verden, er en meget vigtig drivkraft for ny naturvidenskabelig erkendelse /2/.

Velkontrollerede eksperimenter med fokus på en hidtil uafklaret hypotese er en anden succesfuld strategi for at erhverve sig indblik. Det samme er videreudvikling af sammenhænge, der direkte bygger på kendte lovmæssigheder anvendt under nye betingelser.

Studier af generelle mønstre ved sammenstilling af eksisterende viden og sammenligning af data fra mange forskellige kilder er en tredje sikker strategi for at sikre sig overblik.

Leder man efter egentlige økologiske lovmæssigheder, der har sit udgangspunkt i fysisk-kemiske eller biologiske love, kan man opstille empiriske kvantitative sammenhænge



Figur 2. Fotosyntesen i forskellige akvatiske plantesamfund (y-aksen) varierer meget, mens den øvre grænse er ret præcist defineret ud fra den procentvise lysabsorption i samfundet (x-aksen) og det kendte maksimale udbytte ved fotosyntesens lysprocesser. Øverst ses fotosyntesen ved maksimal lys. Nederst ses det fotosyntetiske udbytte som mol O_2 produceret per mol fotoner ved lavt lys. Efter /4/.

udfoldelse, som gør resultaterne upålidelige eller irrelevante.

I betragtning af succesen ved manipulationer af hele økosystemer, må det undre, at man ikke har anvendt en tilsvarende strategi herhjemme for at belyse landbrugets N og P belastning. Det ligger ellers lige til højrebenet at ophøre med landbrugsdrift i nogle af de små landbrugsoplande, der indgår i det nationale vandovervågningsprogram. Herved ville de endeløse diskussioner om forsinkelseseffekter, systemtræghed, organisk N-puljer i jord og modelleringerne heraf kunne kvalificeres med ordentlige målinger.

Klassisk og ny videnskabelig metode

Videnskabelig metode og erkendelse flytter sig i disse år og videnskabsteoretikerne er som sædvanlig 20 år bagefter deres tid.

Den klassiske videnskabelige metode består hovedsagelig i at belyse mindre og velafgrænsede spørgsmål ved at formulere hypoteser, etablere forudsigelser af, hvad hypoteserne indebærer, teste om forudsigelserne er opfyldt eller ej og, til slut, tolke og konkludere. Herefter gentages proceduren med skærpede hypoteser indtil der kan opstilles en sammenfattende teori. Den har typisk en kortfattet sproglig udformning og evt. en matematisk form som i Newtons bevægelseslove /7/.

Den klassiske videnskabelige metode slår imidlertid ikke til i arbejdet med komplicerede koblede sammenhænge som i klimamodeller og modeller for stoftransport, stofomsætning, iltvind mv. i økosystemer.

Disse sammenhænge må håndteres vha. modeller, hvori indgår forskellige kendte fysiske, kemiske og biologiske lovmæssigheder og forskellige koblinger, som kan være kendte eller antagne. Her kan klassisk teori indgå i antagelser, opstilling af sub-modeller og eventuelt også i koblingerne. Det vil dog fortsat være nødvendigt at have virkelige data fra naturen og eksperimenter og analysere og tolke disse. Uden et termometer og borer på indlandsisen eller i søbunden eksisterede klimaforskning selvsagt ikke.

Modellerne kan vurderes på baggrund af, om antagelserne er korrekte, om de reagerer

med varierende kausale sammenhænge indbygget og teste dem vha. de samlede data, der er til rådighed i litteraturen, se fig. 1. Man kan også arbejde med procesorienterede dynamiske modeller, hvor der søges en høj grad af kausalitet.

Frem for at vurdere det gennemsnitlige forløb, kan der også være ræson i at vurdere ekstreme hændelser og øvre grænser for puljer eller processer, fordi de kan være skarpe og lovmæssigt begrundende, mens den samlede datasværm afspejler effekten af mange interfererende faktorer, se fig. 2.

Eksperimenter i hele økosystemer

Der er egenskaber ved økosystemers struktur og processer, der har karakter af lovmæssigheder. Det største problem med at undersøge dem er at have tilstrækkeligt med systemer, der tillader både kontrol og manipulation og giver relevante svar i forhold til virkeligheden. Virkelighedskravet er ofte at sikre en tilstrækkelig rumlig og tidlig skala.

De bedste eksempler på sådanne eksperimenter er fortsat de flerårige canadiske hel-sø manipulationer med tilsætning af N, P, C og N+P udført under David Schindlers ledelse i 1970'erne /5/. Fra landjorden er de tilsvarende klassiske eksempler i økologibøgerne de kontrollerede afskovninger i stor målestok og målinger af stoftabene i vandløbene i Hubbard Brook /6/, se fig. 3.

Schindler har efterfølgende argumenteret for risikoen ved manipulationer i sække og bure, der giver anledning til rumlige og tidlige begrænsninger i processerne og arternes



Figur 3. Det har bibragt stor videnskabelig forståelse at udføre kontrollerede økosystemeksperimenter, som her i Hubbard Brook, USA. Øverst ses afskovede og kontrol oplande på afstand. Nedenfor til venstre ses afløbet fra afskovet opland. Nedenfor til højre ses afløbet fra naturligt opland. Afløbet måles kontinuerligt og hyppige prøver udtages til kemisk analyse for at kunne bestemme stoftransporten. Foto Robert Moeller og Lennart Rasmussen.



rimeligt på parametrene, kan kalibreres samt, om modeloutputtet svarer til virkelige målinger. Modeller om fremtidens klima er vanskelige at teste, da slutresultatet ikke er kendt, men det kan vurderes, om de opfører sig plausibelt og realistisk og kan simulere dokumenterede historiske klimaforløb.

Hvis modellerne således står overfor at skulle supplere hypotesetestningen og overtage meget af den klassiske teoriopbygning, er det afgørende, at de bliver gennemskuelige, veldokumenterede og kan gøres til genstand for en benhård kvalitetsvurdering

/8/. Gennemskueligheden er også en nødvendig forudsætning for, at udefrakommende personer kan vurdere modellernes kvalitet. I klassisk forskning består nåleøjet i, at uunderbyggede afhandlinger bliver afvist. Samme kvalitetskrav må stilles til beskrivelser og anvendelse af modeller. I modeller som forskningsredskab testes følsomheder og nøgleparametres betydning for resultatet. I modeller som forudsigelses- og beslutningsværktøj, der udbydes til private og offentlige kunder, findes et særligt stort behov for at kunne dokumentere rimeligheden og anvendeligh-

eden, for nu drejer det sig ikke blot om en akademisk proces, men tillige om et værktøj til praktisk brug i samfundets tjeneste.

Klogere vha. modeller

Hvis vi skal blive klogere vha. modeller, er det vigtigt, at de udover at kunne tilbyde numerisk tilpasning også rummer de relevante kendte lovmæssigheder og logiske sammenhænge. Samtidig kan modellerne hjælpe os til at identificere de vigtigste forhold /9/.

Men i mange tilfælde er virkeligheden så kompleks, at modellerne kun kan afgrænse,

indenfor hvilken ramme virkeligheden kan bevæge sig og hvori kardinalpunkterne består. Denne begrænsning gælder for klimamodeller, men måske i endnu højere grad for økologiske modeller, som udover fysiske og kemiske lovmæssigheder rummer biologiske sammenhænge, som tilpasser sig ændringer i miljøet. At mange biologiske sammenhænge er bøjelige og mange samspil er svage og fleksible, er ikke en svaghed ved biologien, men et grundvilkår for arterne og biologiske processer.

Vi har stadig denne tro på, at bare vi måler nok, kan vi fastlægge et forudbestemt forløb på trods af, at vi i mange år har vidst, at visse systemers opførsel enten aldrig kan fastlægges endegyldigt /10/ eller er kaotisk og derfor svinger voldsomt indenfor i princippet forudsigelige grænser.

I overvejelserne om detaljerne ved arternes hyppighed og fordeling i et fremtidigt klima er der eksempelvis så mange processer involveret, overlejret af tilfældigheder og historiske tilpasninger hos arterne undervejs i tids-

forløbet, at jeg anser det for umuligt, at vi med rimelig sikkerhed kan forudsige udviklingen. Vil vi forudsige primærproduktionen eller andre integrerede egenskaber kan det gøres mere præcist.

Så hvordan bliver vi klogere? Det gør vi selvfølgelig ved fortsat at studere enkle sammenhænge og indsamle lige præcis de intelligente data, som er nødvendige for at afklare sammenhængene. Og det gør vi så også ved i stigende grad at inddrage modeller og gøre dem tilstrækkeligt gennemskuelige til, at deres basale sammenhænge og koblinger kan vurderes og testes.

REFERENCER

- /1/ Pedersen, O. and Sand-Jensen, K. 1993: Water transport in submerged macrophytes. *Aquatic Botany* 44, 385-406.
- /2/ Sand-Jensen, K. 2000: Økologi og biodiversitet. Gads Forlag, København.
- /3/ Binzer, T. and Sand-Jensen, K. 2002: Production in aquatic macrophyte communities: A theoretical and empirical study of the influence of spatial light distribution. *Limnology Oceanography* 47, 1742-1750.

- /4/ Binzer, T., Sand-Jensen, K. and Middelboe, A.-L. 2006: Community photosynthesis in aquatic plants. *Limnology and Oceanography*, in press.
- /5/ Schindler, D.W. 1977: Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science* 195: 260-262.
- /6/ Likens, G.E. and Borman, F.H. 1977: Biogeochemistry of a forested ecosystem. Springer Verlag, Berlin.
- /7/ Sand-Jensen, K. 2006: Et slag for videnskabelig metode. *Aktuel Naturvidenskab* 1, 30-33.
- /8/ Hilborn, R. and Mangel, M. 1997: The ecological detective. Princeton University Press.
- /9/ Windolf, J. 2005: Modeller. *Debatindlæg*. Vand & Jord 2: 72-74.
- /10/ Gödel, K. www.usna.edu/Usep/math/meh/godel.html

Kaj SAND-JENSEN er professor ved Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet med en bred forskningsprofil i systemøkologi og specialstudier i akvatiske planters økofysiologi. Tak til Jørgen Windolf, Fyns Amt og Peter Staehr, FBL for uddybende og kritiske kommentarer.



Dilemma eller dobbeltmoral eller ...

Vores nabo mod syd, Tyskland, ønsker sammen med Holland at få optaget Vadehavet på FN's liste over Verdens Naturarv. Det er klart, for Vadehavet – den tyske, hollandske eller den danske del er beskyttelsesværdig natur; med de mange muslinger og krebsdyr er det et 5-stjernet spisekammer for fugle, fisk og sæler.

Desværre er det i dag sådan, at Danmark ikke har et tilsvarende ønske om at få Vadehavet på FN's liste. Vadehavet får ikke den velfortjente status, ej heller som Nationalpark, og det skyldes den massive modstand fra sønderjyske landmænd, fiskere og jægere, som mener det kommer på tværs af deres rettigheder.

Nu kan læseren og jeg, som skriver dette, sikkert blive enige om, at det kan vi ikke være bekendt, og her menes den danske Regering. Det er gået i hårdknude, med den ene og anden miljøminister ved roret.

Hentydningen i overskriften for indlægget

– dilemma eller dobbeltmoral, går dog på vor sydlige nabo. For i Vand & Jord nr. 4, 2005, kunne læses, at tysk erhverv på Sild har givet anledning til en ødelæggelse af spisekammeret. Synderen er opdræt af Stillehavsøsters. Så hvad den ene hånd gør, er ikke altid planlagt af den anden, og dilemmaet opstår.

Sagt af en nyder og en bruger af denne natur – ligegyldigt hvilken status Vadehavet får skal det bestå som spisekammer og den naturperle det er. Det er vores miljøminister sikkert enig i, så hvad vil hun gøre?

EDJ

Lille åmand, hvad nu?

Vi kan læse i Landbrugsavisen (17/3-06), at Dansk Landbrug vil offentliggøre et hidtil hemmeligt responsum, de har bestilt hos professor Peter Pagh om myndighedsbehandling ved vandløbene. Det konkluderer, at danske myndigheder handler i strid med både dansk lov og EU-lov, når de fastsætter målsætninger for miljøet.

Viceformanden i DL-bestyrelsen, Henrik Høeg siger "Da responsummet kom i sin tid vurderede vi, at vi ville komme længst med en intern debat med styrelser, ministerier og embedsmænd i stedet for at tage debatten i medierne. Men nu har vi haft en god intern debat og fået gjort regeringen opmærksom på, at det er vigtigt, at konsekvensanalyser før man beslutter. Desuden er medierne begyndt at vise interesse, og så har vi valgt at offentlig-

gøre det nu."

Peter Pagh's responsum kan læses på landbrugsavisens hjemmeside (søg i "Arkivet", fx "Pagh" "Responsum", og man får PDF udgaven). Det er interessant læsning; en grundig udredning af de "historiske" forløb omkring bl.a. fiskevandsdirektivets implementering i Danmark.

Bent Lauge Madsen



Salpeter synes...
det er fint, at landbruget vil have konsekvensanalyser. Start med gyllens konsekvenser for søerne,